



⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

# Offenlegungsschrift

⑯ DE 196 06 680 A 1

⑯ Int. Cl. 6:

**G 01 L 23/30**

F 02 P 5/152

F 02 D 41/26

G 01 M 15/00

⑯ Aktenzeichen: 196 06 680.8

⑯ Anmeldetag: 22. 2. 96

⑯ Offenlegungstag: 29. 8. 96

⑯ Unionspriorität: ⑯ ⑯ ⑯

22.02.95 JP 7-33726

⑯ Anmelder:

Unisia Jecs Corp., Atsugi, Kanagawa, JP

⑯ Vertreter:

Schoppe, F., Dipl.-Ing.Univ., Pat.-Anw., 82049 Pullach

⑯ Erfinder:

Tomisawa, Naoki, Atsugi, Kanagawa, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Verfahren und Vorrichtung zum Erfassen des Verbrennungszustands eines Motors mit innerer Verbrennung sowie Motorsteuerverfahren unter Verwendung des Erfassungsverfahrens und Motorsteuervorrichtung unter Verwendung der Erfassungsvorrichtung

⑯ Ein Verbrennungsdruck wird unter Verwendung eines Zylinderdrucksensors erfaßt, während eine Kurbelwinkelposition, die einem Schwerpunkt der Verbrennung während einer Verbrennungsperiode entspricht, als eine Verbrennungsschwerpunktposition basierend auf dem erfaßten Verbrennungsdruck erhalten wird. Der Verbrennungszustand wird dann basierend auf der erfaßten Verbrennungsschwerpunktposition erfaßt. Andererseits wird abhängig von Betriebsbedingungen eine Kurbelwinkelposition, die einem Schwerpunkt einer Verbrennung während einer Verbrennungsperiode für den Fall, in dem ein gewünschter Verbrennungszustand erhalten wird, entspricht, als eine Zielschwerpunktposition eingestellt, und eine Motorsteuergroße wird dann mittels einer Rückkopplung derart gesteuert, daß die Verbrennungsschwerpunktposition gleich der Zielschwerpunktposition wird. Auf diese Weise kann der Verbrennungszustand eines Motors mit innerer Verbrennung mit einer höheren Genauigkeit als bei herkömmlichen Anordnungen erfaßt werden, bei denen der Verbrennungszustand basierend auf Schwankungen eines angezeigten, mittleren, wirksamen Drucks und dergleichen, die nur eine vergleichsweise kleine Änderung mit Änderungen des Verbrennungszustands zeigen, erfaßt wird. Wenn die Motorsteuerung mit der Verbrennungsschwerpunktposition als einem Index durchgeführt wird, kann die Motorsteuergenauigkeit überdies signifikant verbessert sein.

**DE 196 06 680 A 1**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 07. 96 802 035/557

14/27

**DE 196 06 680 A 1**

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erfassen des Verbrennungszustands eines Motors mit innerer Verbrennung und auf ein Motorsteuerverfahren unter Verwendung des Erfassungsverfahrens sowie eine Motorsteuervorrichtung unter Verwendung der Erfassungsvorrichtung. Insbesondere bezieht sich die vorliegende Erfindung auf Verbesserungen der Technologie zum Erfassen des Verbrennungszustands eines Motors mit innerer Verbrennung und auf Verbesserungen bezüglich Verfahren und Vorrichtungen für Motoren mit innerer Verbrennung zum Steuern einer Motorsteuergröße basierend auf der verbesserten Erfassungstechnologie.

Bisher wird bei Motorsteuersystemen ein Abgasreinigungskatalysator, der in dem Abgassystem eines Motors mit innerer Verbrennung angeordnet ist, von einem Frühstadium nach dem Anlaufen des Motors an aktiviert, um die Ausstoßmenge von Abgasschadstoffen (NOx, CO, HC usw.) in die Atmosphäre von einem Frühstadium nach dem Anlaufen an zu reduzieren.

Als ein Beispiel existiert eine Anordnung, bei der die Abgastemperatur innerhalb einer vorbestimmten Periode nach dem Anlaufen des Motors erhöht wird, indem der Zündzeitpunkt um einen eingestellten Betrag verzögert wird, wodurch eine frühe Aktivierung des Abgasreinigungskatalysators bewirkt wird.

Obwohl bei diesem herkömmlichen Verfahren der gleiche Verzögerungswinkelbetrag gleichmäßig für jeden Zylinder des Motors angewendet werden kann, unterscheidet sich jedoch in der Praxis die Abgastemperatur (die Änderung des Verbrennungszustands) für jeden Zylinder relativ zu dem Zündzeitpunkt-Verzögerungswinkel aufgrund des Kompressionsverhältnisses, der Ansaugluftflußrate, des Ansaugflusses (beispielsweise Wirbel), der Ventilzeitgebung und dergleichen, die sich für jeden Zylinder unterscheiden. Da ferner eine Ungleichheit zwischen Motoren existiert, wird selbstverständlich bei einem festen Verzögerungswinkelbetrag ebenfalls ein ähnliches Problem bezüglich jedes Motors existieren, wobei sich die Abgastemperatur für jeden Motor unterscheidet.

Folglich entstehen zwei Probleme:

(1) Da bei einem einheitlichen Verzögerungswinkelbetrag dieser für den Zylinder mit der schlechtesten Verbrennung gilt, und da bei der Vermeidung dieser schlechten Verbrennung einige Zylinder (oder Motoren) existieren, bei denen bisher ein Überschußverzögerungswinkel bis zu einem Grenzpunkt existierte, kann die Abgastemperatur nicht wirksam erhöht werden. Es ist jedoch erwünscht, den Zündzeitpunkt bis zu dem Grenzpunkt des äußersten Verzögerungswinkels zu verzögern, bei dem eine stabile Verbrennung beibehalten werden kann, so daß die Abgastemperatur wirksam erhöht werden kann, während die Betriebsbereitschaft, der Kraftstoffverbrauch, die Abgaseigenschaften und dergleichen in einem vorbestimmten Bereich gehalten werden.

Dieses Problem aufgrund der Zwischen-Zylinder- und Zwischen-Motor-Ungleichheit ist nicht auf die Verzögerungswinkelsteuerung des Zündzeitpunkts begrenzt, sondern tritt in gleicher Weise beim Steuern eines Zündzeitpunkts auf, der eingestellt ist, um einen gewünschten Verbrennungszustand zu erhalten. D.h.,

daß trotz des Steuerns eines solchen Zündzeitpunkts aufgrund der Ungleichheit zwischen Zylindern und zwischen Motoren einige Zylinder existieren werden, bei denen der gewünschte Verbrennungszustand nicht erhalten werden kann.

(2) Um dem obigen Problem von (1) zu begegnen, existiert ein Verfahren, bei dem der Zündzeitpunkt bis zu dem Grenzpunkt für jeden Zylinder (jeden Motor) verzögert wird. Bei diesem Verfahren wird beispielsweise der Zylinderdruck jedes Zylinders gemessen (dies kann in dem Fall, in dem eine Zwischen-Motor-Ungleichheit beseitigt werden soll, für einen Zylinder gelten), um den angezeigten, mittleren, wirksamen Druck (IMEP (= indicated mean effective pressure); der hierin nachfolgend als  $P_i$  bezeichnet wird) und den Grenzpunkt, der dann basierend auf Änderungen des Werts  $P_i$  erfaßt wird, zu erhalten.

Jedoch wird dieser Wert  $P_i$  von dem Bereich für den Verbrennungsdruck (Zylinderdruck) über ein vorbestimmtes Kurbelwinkelintervall erhalten, wobei, wie in Fig. 7 gezeigt ist, das Verzögern des Zündzeitpunkts keine signifikante entsprechende Änderung des Werts  $P_i$  selbst zur Folge hat. Obwohl Änderungen des Werts  $P_i$  erfaßt werden können, kann der Grenzpunkt für den Zündzeitpunkt-Verzögerungswinkel folglich nicht mit einer hohen Genauigkeit erfaßt werden. Außerdem existiert eine Anordnung, bei der Rotationsschwankungen erfaßt werden, und der Grenzpunkt für den Motorzündzeitpunkt-Verzögerungswinkel basierend auf den Ergebnissen erfaßt wird. Da der Verbrennungszustand nicht direkt erfaßt wird, ist es jedoch in diesem Fall nicht möglich, den Grenzpunkt für den Zündzeitpunkt-Verzögerungswinkel genau zu erfassen.

Nicht nur in dem Fall, in dem der Zündzeitpunkt-Verzögerungswinkel auf diese Art und Weise erfaßt wird, sondern auch in dem Fall, in dem beispielsweise der Grad der Verbrennungsstabilität (d. h. der Schwankungen von  $P_i$ ) aus dem erfaßten, mittleren, wirksamen Druck  $P_i$  erfaßt wird, und der Zündzeitpunkt mittels einer Rückkopplung gesteuert wird, um einen vorbestimmten Stabilitätsgrad zu erhalten, existiert ferner das Problem, daß, da die Schwankung des Werts  $P_i$  selbst klein ist, die Erfassungsgenauigkeit schlecht ist und daher die Steuergenauigkeit reduziert ist.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erfassen des Verbrennungszustands eines Motors mit innerer Verbrennung mit einer erhöhten Genauigkeit zu schaffen.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 und eine Vorrichtung gemäß Anspruch 7 gelöst.

Es ist eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Steuern eines Motors mit innerer Verbrennung zu schaffen, um unter Verwendung des erfindungsgemäßen Erfassungsverfahrens oder der erfindungsgemäßen Erfassungsvorrichtung einen gewünschten Verbrennungszustand zu erhalten.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 2 und eine Vorrichtung gemäß Anspruch 8 gelöst.

Die vorliegende Erfindung berücksichtigt die oben genannte Situation bei herkömmlichen Anordnungen, die oben unter (1) und (2) erläutert ist. Gemäß einem ersten Aspekt schafft die vorliegende Erfindung ein

Verfahren und eine Vorrichtung zum Erfassen des Verbrennungszustands eines Motors mit innerer Verbrennung, die den Verbrennungszustand mit einer höheren Genauigkeit als bei dem herkömmlichen Verfahren zum Erfassen des Verbrennungszustands, basierend beispielsweise auf Pi-Schwankungen, erfassen können. Gemäß einem zweiten Aspekt schafft die vorliegende Erfindung ein Verfahren des (oder eine Vorrichtung zum) Steuern eines Motors mit innerer Verbrennung, die den Zündzeitpunkt mittels einer Rückkopplung steuern (obwohl sie nicht auf dies begrenzt sind und Motorsteuergrößen, beispielsweise die Kraftstoffzufuhrmenge, den Kraftstoffzufuhrzeitpunkt, die EGR-Menge (EGR = exhaust gas recirculation = Abgasrückführung), einschließen können), um unter Verwendung des oben genannten Verbrennungszustands-Erfassungsverfahrens (oder der Vorrichtung) einen gewünschten Verbrennungszustand zu erhalten.

Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß es bei dem oben genannten Verfahren (oder der Vorrichtung) zum Steuern eines Motors mit innerer Verbrennung die Abgastemperatur zu der Zeit einer geringen Aktivierung des Katalysators erhöht wird, indem die Verbrennung in der Nähe des Grenzpunktes des äußersten Verzögerungswinkels, bei dem eine stabile Verbrennung beibehalten werden kann, gehalten wird, wodurch eine Frühstadium-Aktivierung des Abgasreinigungskatalysators erreicht wird, und folglich der Ausstoß von Abgasschadstoffen auf ein Minimum reduziert wird. Ferner ist es ein Vorteil der vorliegenden Erfindung, die Erfassungsgenauigkeit, die Steuergenauigkeit und dergleichen signifikant zu verbessern, indem das oben genannte Verfahren (oder die Vorrichtung) zur Erfassung des Verbrennungszustands eines Motors mit innerer Verbrennung und das Verfahren (oder die Vorrichtung) zum Steuern eines Motors mit innerer Verbrennung für jeden Zylinder eingeführt wird.

Um die oben genannten Aufgaben zu lösen, werden bei dem Verfahren und in der Vorrichtung zum Erfassen des Verbrennungszustands eines Motors mit innerer Verbrennung folgende Schritte durchgeführt: Erfassen des Verbrennungsdrucks, Erfassen einer Kurbelwinkelposition, die einem Schwerpunkt der Verbrennung entspricht, während einer Verbrennungsperiode als eine Verbrennungsschwerpunktposition, basierend auf dem erfaßten Verbrennungsdruck, und Erfassen des Verbrennungszustands basierend auf der erfaßten Verbrennungsschwerpunktposition.

Die Verbrennungsschwerpunktposition (combustion centroid position) während der Verbrennungsperiode, d. h. die Schwerpunktposition des Kurbelwinkels oder des Zeitintervalls eines Änderungsmusters während der Verbrennungsperiode eines Werts (des Verbrennungsdrucks selbst oder eines angezeigten, mittleren, wirksamen Drucks oder einer Wärmeerzeugungsrate, usw.), der mit dem Verbrennungsdruck korreliert ist, welcher sich bezüglich der Änderung des Verbrennungszustands um einen vergleichsweise großen Betrag ändert, wird bei einem derartigen Aufbau erfaßt, wobei der Verbrennungszustand basierend auf der erfaßten Verbrennungsschwerpunktposition erfaßt wird (beispielsweise durch das Vergleichen mit einem vorher eingestellten Zielschwerpunktwert, der einem vorbestimmten Verbrennungszustand entspricht). Auf diese Weise kann der Verbrennungszustand des Motors mit innerer Verbrennung mit einer höheren Genauigkeit als bei der herkömmlichen Anordnung erfaßt werden, bei der der Verbrennungszustand basierend auf Schwankungen des an-

gezeigten, mittleren, wirksamen Drucks und dergleichen erfaßt wird, die bei Änderungen des Verbrennungszustands nur eine vergleichsweise kleine Änderung zeigen. Nun ist die Verbrennungsschwerpunktposition nicht auf die für einen einzelnen Verbrennungszyklus begrenzt, sondern kann ein Mittelwert der Schwerpunktpositionen für mehrere Verbrennungszyklen sein.

Ferner können bei dem Verfahren und in der Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zum Steuern eines Motors mit innerer Verbrennung folgende Schritte durchgeführt werden: Erfassen des Verbrennungsdrucks, Erhalten einer Kurbelwinkelposition, die einem Schwerpunkt der Verbrennung während der Verbrennungsperiode entspricht, als eine Verbrennungsschwerpunktposition basierend auf dem erfaßten Verbrennungsdruck, Einstellen, abhängig von Betriebsbedingungen, einer Kurbelwinkelposition, die einem Verbrennungsschwerpunkt während einer Verbrennungsperiode für den Fall, bei dem der gewünschte Verbrennungszustand erhalten wird, entspricht, als eine Zielschwerpunktposition und Steuern einer Motorsteuergröße mittels einer Rückkopplung derart, daß die Verbrennungsschwerpunktposition die Zielschwerpunktposition wird.

Da die Motorsteuergröße derart geregelt wird, daß die Verbrennungsschwerpunktposition, die durch das obige Verfahren erfaßt wird, mit der Zielschwerpunktposition zusammenfällt, kann bei einem derartigen Aufbau der Verbrennungszustand des Ziels mit einer hohen Genauigkeit erhalten werden, selbst wenn eine Zwischen-Motor-Ungleichheit existiert. Beispielsweise kann bei der Zündzeitpunkt-Verzögerungssteuerung für eine Frühstadium-Katalysatoraktivierung nach einem Anlaufen des Motors der erwünschte Verbrennungszustand durch das Steuern des Zündzeitpunkts derart, daß die Verbrennungsenergie in einer vorbestimmten Grenze einer stabilen Verbrennung die maximale Abgasenergie ergibt, erhalten werden, während bei einer normalen Zündzeitpunktsteuerung der erwünschte Verbrennungszustand erhalten werden kann, indem der Zündzeitpunkt derart gesteuert wird, daß die Verbrennungsenergie wirksam in eine Rotationsenergie umgewandelt wird. Wenn der oben genannte Aufbau für die jeweiligen Zylinder übernommen wird, kann, selbst wenn eine Zwischen-Zylinder-Ungleichheit (und selbstverständlich eine Zwischen-Motor-Ungleichheit) existiert, den Zielverbrennungszustand für jeden Zylinder mit einer hohen Genauigkeit erhalten werden.

Der Aufbau kann ferner derart sein, daß der Aktivierungszustand eines Abgasreinigungskatalysators, der in dem Motorabgassystem angeordnet ist, erfaßt wird, wobei, wenn ein niedriger Aktivierungszustand des Katalysators erfaßt wird, bewirkt wird, daß sich die Zielschwerpunktposition stärker einer Verbrennungshub-Abschlußseite nähert als normalerweise.

Wenn auf diese Weise bei einem Niederaktivierungszustand des Katalysators bewirkt wird, daß sich die Zielschwerpunktposition stärker der Verbrennungshub-Abschlußseite nähert als normalerweise, kann der Verbrennungszustand zu der Zeit der geringen Aktivierung des Katalysators, beispielsweise nach dem Anlaufen, bis zu einem gewünschten Betrag verschlechtert werden, so daß die Abgastemperatur wirksam erhöht werden kann. Daher kann die Aktivierung des Katalysators wirksam unterstützt werden, während gewollt die Betriebsfähigkeit und dergleichen beibehalten wird, so daß der Ausstoß von Abgasschadstoffen auf einem Minimum gehalten werden kann.

Die Motorsteuergröße kann der Zündzeitpunkt sein. In diesem Fall ist es möglich, den Zielverbrennungszustand mit einem guten Ansprechen und einer hohen Genauigkeit zu steuern.

Wenn der Aufbau ein solcher ist, daß die jeweiligen Verfahren oder die jeweilige Vorrichtung für jeden Zylinder übernommen sind, ist außerdem eine noch größere Verbesserung der Erfassungsgenauigkeit, der Steuergenauigkeit und dergleichen möglich.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend bezugnehmend auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockdiagramm einer elementaren Konfiguration einer Verbrennungszustands-Erfassungsvorrichtung für einen Motor mit innerer Verbrennung gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 ein Blockdiagramm einer elementaren Konfiguration einer Steuervorrichtung für einen Motor mit innerer Verbrennung gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 3 ein schematisches Systemdiagramm, das ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 4 ein Flußdiagramm, das eine Zündzeitpunkt-Steuerroutine des Ausführungsbeispiels zeigt;

Fig. 5 ein Diagramm zur Erklärung der Zündzeitpunkt-Steuerroutine des Ausführungsbeispiels;

Fig. 6 ein Zeitdiagramm zur Erklärung der Zündzeitpunkt-Verzögerungsperiode des Ausführungsbeispiels; und

Fig. 7 ein Diagramm zum Erläutern von Problemen mit herkömmlichen Anordnungen.

Gemäß Fig. 3, die ein schematisches Systemdiagramm ist, das ein elementares Ausführungsbeispiel eines Verfahrens und einer Vorrichtung zum Erfassen des Verbrennungszustands eines Motors mit innerer Verbrennung oder eines Verfahrens und einer Vorrichtung zum Steuern eines Motors mit innerer Verbrennung gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt, wird Luft durch einen Luftfilter 2, eine Drosselkammer 3 und einen Ansaugkrümmer 4 in einen Vierzylinder-Motor 1 mit innerer Verbrennung gesaugt. Die Verbrennungsabgase von dem Motor 1 werden durch einen Auspuffkrümmer 5, ein Auspuffrohr 6, einen Dreiwegekatalysator 7, der als ein Abgasreinigungskatalysator dient, und einen Schalldämpfer 8 in die Atmosphäre ausgestoßen. Bei der vorliegenden Erfindung umfaßt die Beschreibung den Dreiwegekatalysator 7. Jedoch ist die Erfindung nicht auf dies begrenzt und kann beispielsweise einen Oxidationskatalysator, einen NOx-Magerkatalysator und dergleichen einschließen.

Ein Drosselventil 9, das durch eine Verbindung mit einem Gaspedal (nicht gezeigt) geöffnet/geschlossen wird, ist in der Drosselkammer 3 vorgesehen, um die Ansaugluftmenge des Motors 1 einzustellen.

Zündkerzen (in der Figur nicht gezeigt) sind an den Verbrennungskammern der jeweiligen Zylinder (c1-c4) denselben zugewandt angebracht, während jeweilige Zylinderdrucksensoren 10a bis 10d für die Zündkerzen jedes Zylinders vorgesehen sind.

Die Zylinderdrucksensoren 10a bis 10d sind von dem Typ, der beispielsweise in der ungeprüften japanischen Gebrauchsmusterveröffentlichung Nr. 63-17432 offenbart ist, der als eine Zündkerzenunterlegscheibe angebracht ist. Jedoch kann statt dieses Typs ein Typ, der beispielsweise in der ungeprüften japanischen Patentveröffentlichung Nr. 4-81557 offenbart ist, verwendet werden, bei dem der Sensorabschnitt direkt in die Verbrennungskammer gerichtet ist, um den Zylinderdruck

zu erfassen. Wenn das Ziel darin besteht, eine Ungleichheit zwischen Motoren zu beseitigen, kann der Zylinderdrucksensor an einem beliebigen Zylinder angebracht sein.

5 Außerdem ist ein Kurbelwinkelsensor 11 zum Erfassen des Kurbelwinkels mittels der Drehung einer Nockenwelle (nicht gezeigt) auf der Nockenwelle des Motors 1 vorgesehen.

Der Kurbelwinkelsensor 11 gibt ein Referenzkurbelwinkelsignal REF bei jedem 180°-Kurbelwinkel aus (was der Hubphasendifferenz zwischen Zylindern in dem Vierzylindermotor 1 dieses Ausführungsbeispiels entspricht), und gibt ein Einheitskurbelwinkelsignal POS bei jedem Einheitskurbelwinkel aus.

10 Das Referenzkurbelwinkelsignal REF dient zur Unterscheidung zwischen Zylindern und kann beispielsweise ein Erfassungssignal einschließen, das zumindest einem spezifischen Zylinder entspricht und beispielsweise mittels der Pulsbreite von einem anderen Erfassungssignal unterschieden werden kann.

15 Ein Luftflußmesser 13 ist strömungsmäßig vor dem Drosselventil 9 vorgesehen, um die Ansaugluftflußrate Q des Motors 1 zu erfassen. Das Drosselventil 9 ist mit einem Drosselsensor 14 eines Potentiometertyps versehen, um die Drosselventilöffnung TVO zu erfassen.

20 Ferner ist ein Wassertemperatursensor 15 zum Erfassen der Kühlwassertemperatur des Motors 1 vorgesehen.

Ausgaben von den Zylinderdrucksensoren 10a bis 30 10d, dem Kurbelwinkelsensor 11, dem Luftflußmesser 13, dem Drosselsensor 14 und dem Wassertemperatursensor 15, usw., werden in eine Steuereinheit 12 eingegeben, die für eine Motorsteuerung vorgesehen ist. Die Steuereinheit 12, die einen Mikrocomputer aufweist, erfaßt Betriebsbedingungen basierend auf den Eingangssignalen und steuert die Kraftstoffeinspritzmenge und die Kraftstoffeinspritzzeitgebung für die Kraftstoffeinspritzventile (die in der Figur nicht gezeigt sind) entsprechend den Betriebsbedingungen, und steuert ferner 35 den Zündzeitpunkt für die Zündkerzen.

40 Eine Beschreibung der Zündzeitpunkt-Steuerroutine (einschließlich der Verbrennungszustands-Erfassungssteuerroutine), die bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel durch die Steuereinheit 12 ausgeführt wird, wird 45 nun bezugnehmend auf das Flußdiagramm von Fig. 4 durchgeführt.

Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die 50 Funktionen der Verbrennungsdruck-Erfassungsvorrichtung, der Verbrennungsschwerpunktpositions-Erfassungsvorrichtung, der Verbrennungszustands-Erfassungsvorrichtung, der Zielschwerpunktpositions-Erfassungsvorrichtung, der Motorsteuergrößen-Rückkopplungssteuervorrichtung und der Katalysatoraktivierungszustands-Erfassungsvorrichtung durch eine Software, die in der Steuereinheit 12 gespeichert ist, realisiert.

Bei dem Flußdiagramm von Fig. 4 wird in einem 55 Schritt 1 (wobei "Schritt" in den Figuren durch S gekennzeichnet ist) beurteilt, ob die Motorkühlwassertemperatur, die durch den Wassertemperatursensor 15 erfaßt wird, in einem vorbestimmten Bereich liegt (beispielsweise 15 bis 40°C). Wenn dies der Fall ist, springt die Steuerung zu einem Schritt 2, um eine Zündzeitpunktverzögerung für eine Frühstadiumaktivierung des Katalysators durchzuführen. Wenn dies nicht der Fall ist, springt die Steuerung zu einem Schritt 3. D.h., daß bei einer höheren Temperatur als dem vorbestimmten Bereich dies als ein Zustand beurteilt wird, bei dem ein

vorbestimmter Zeitraum nach dem Anlaufen verstrichen ist, oder daß ein Neustart vorliegt, bei dem die Motortemperatur so hoch ist, daß der Dreiwegekatalysator 7 bereits aktiviert ist (oder Bedingungen existieren, bei denen eine Aktivierung stark erleichtert ist). Da es in diesem Fall nicht notwendig ist, eine Verzögerungssteuerung durchzuführen, springt die Steuerung zu einem Schritt 3, um eine Normalsteuerung durchzuführen, die der Betriebsfähigkeit, dem Kraftstoffverbrauch, und dergleichen Vorrang einräumt. Wenn extrem geringe Temperaturen unterhalb des vorbestimmten Bereichs vorliegen, wird, da, wenn die Verzögerungssteuerung durchgeführt wird, sich die Funktionsfähigkeit (die Verbrennungsstabilität) über die zulässige Grenze hinaus verschlechtern wird, in diesem Fall ebenfalls keine Verzögerungssteuerung erlaubt, und die Steuerung springt zu einem Schritt 3, um der Funktionsfähigkeit Vorrang zu geben. Der Schritt 1 wirkt als der Katalysatoraktivierungszustands-Erfassungsmechanismus der Erfindung.

In dem Schritt 2 wird ein Zielschwerpunktpositions-Kurbelwinkel  $T_{SET}$  auf 15 (Grad ATDC; ATDC = after top dead center — nach dem oberen Todpunkt) + K eingestellt, um eine Verzögerungssteuerung des Zündzeitpunkts durchzuführen, um die Aktivierung des Katalysators zu unterstützen.  $T_{SET} = 15$  (Grad ATDC) ist ein Beispiel dafür, wo MBT (MBT = Minimum ignition advance for Best Torque = minimale Zündvorverstellung für das beste Drehmoment) erhalten wird. K zeigt die Verzögerungswinkel-Einstellgrößengrenze auf der ATDC-Seite an. Der Zielschwerpunktpositions-Kurbelwinkel  $T_{SET}$  und K sind erwünschte Werte, die für jeden Motor und für jeden Betriebszustand eingestellt sind. Hierbei ist der Zielschwerpunktpositions-Kurbelwinkel  $T_{SET}$  ein Wert, der vorher verifiziert wurde, beispielsweise experimentell. Es ist der Kurbelwinkel, der einer Schwerpunktposition eines erzeugten Musters der angezeigten, mittleren, wirksamen Drucks während der Verbrennungsperiode entspricht, der erhalten wird, wenn der Zündzeitpunkt auf den Grenzpunkt eingestellt ist.

Im Schritt 3 wird der Zielschwerpunktpositions-Kurbelwinkel  $T_{SET}$  auf beispielsweise 15 (Grad ATDC) eingestellt (durch das Steuern von MBT), um eine normale Zündzeitpunktsteuerung durchzuführen. Hierbei ist der Zielschwerpunktpositions-Kurbelwinkel  $T_{SET}$  ein Wert, der vorher verifiziert wurde, beispielsweise experimentell. Es ist der Kurbelwinkel, der einer Schwerpunktposition eines erzeugten Musters des angezeigten, mittleren, wirksamen Drucks während der Verbrennungsperiode entspricht, der erhalten wird, wenn der Zündzeitpunkt auf MBT eingestellt ist.

Die Schritte 2, 3 wirken als der Zielschwerpunktpositions-Einstellungsmechanismus der vorliegenden Erfindung.

In einem Schritt 4 wird das Erfassungssignal des Zylinderdrucksensors 10a (oder 10b bis 10d) von einer analogen in eine digitale Form umgewandelt (A/D-gewandelt). Das Durchführen der Schritte, die Schritt 4 folgen, für jeden Zylinder hat eine höhere Genauigkeit zur Folge. Der Schritt 4 entspricht dem Verbrennungsdruck-Erfassungsmechanismus.

In einem Schritt 5 wird, wie in dem Flußdiagramm gezeigt ist, der angezeigte, mittlere, wirksame Druck ( $P_i$ ) unter Verwendung der Ergebnisse, die im Schritt 4 erhalten werden, mittels eines bekannten Verfahrens berechnet. Das Begrenzen des Kurbelwinkelintervalls, das bei dieser Berechnung von  $P_i$  verwendet ist, auf

eines, das durch den Verbrennungsdruck beeinflußt ist (d. h. ausschließlich des Ansaug- und Ausstoß-Takts) ist aus dem Gesichtspunkt der Berechnungszeit und der Speicherkapazität bevorzugt.

5 In einem Schritt 6 wird, wie in dem Flußdiagramm gezeigt ist, der tatsächliche Kurbelwinkel  $T_{pi}$  (Grad CA), der der Schwerpunktposition des angezeigten, mittleren, wirksamen Drucks (IMEP) entspricht, der im Schritt 5 berechnet wurde, erhalten. Das Berechnungsverfahren für die Schwerpunktposition kann ein bekanntes Verfahren sein.

Die Schritte 5, 6 entsprechen dem Verbrennungs-schwerpunktpositions-Erfassungsmechanismus der vorliegenden Erfindung. Sie können zum Erhalten der Schwerpunktposition der unbearbeiteten Signalform (oder der Signalform nach der A/D-Umwandlung) des Zylinderdrucks  $P$  während der Verbrennungsperiode dienen, oder um ein Wärmeerzeugungsratenmuster zu erhalten und dann die Schwerpunktposition desselben zu erhalten.

15 In einem Schritt 7 wird der Zielschwerpunktpositions-Kurbelwinkel  $T_{SET}$ , der im Schritt 2 oder Schritt 3 eingestellt wurde, und der tatsächliche Schwerpunktpositions-Kurbelwinkel  $T_{pi}$  verglichen.

20 Wenn  $T_{SET} = T_{pi}$ , wird beurteilt, daß die Schwerpunktposition des tatsächlichen  $P_i$  mit der Zielschwerpunktposition zusammenfällt und der Verbrennungszustand gut mit dem Ziel übereinstimmt. D.h., daß die Zielzündzeitpunktperiode erhalten wurde. Daher wird die Routine beendet.

25 Wenn  $T_{SET} > T_{pi}$ , wird beurteilt, daß die Schwerpunktposition des tatsächlichen  $P_i$  relativ zu der Zielschwerpunktposition auf der TDC-Seite ist. Daher wird beurteilt, daß der Zielverbrennungszustand noch nicht erreicht wurde (in anderen Worten, daß der Zündzeitpunkt noch nicht auf den Zielgrenzpunkt verzögert wurde). Die Steuerung springt daher zu einem Schritt 8, in dem der momentane Zündzeitpunkt ADV um einen vorbestimmten Verzögerungswinkelbetrag A verzögert

30 wird und die Routine beendet wird.

35 Andererseits wird beurteilt, daß die Schwerpunktposition des gegenwärtigen  $P_i$  relativ zu der Schwerpunktposition auf der BDC-Seite (BDC = bottom dead center = unterer Todpunkt) ist, wenn  $T_{SET} < T_{pi}$ . Daher wird beurteilt, daß der Zielverbrennungszustand überschritten und die Verbrennung verschlechtert ist (in anderen Worten heißt das, daß der Zündzeitpunkt übermäßig verzögert wurde, so daß der Zielgrenzpunkt überschritten wurde). Die Steuerung springt daher zu einem Schritt 9, in dem der momentane Zündzeitpunkt ADV um einen vorbestimmten Vorstellwinkelbetrag B vorgestellt und die Routine beendet wird. Hierbei können die Werte A und B den gleichen Wert aufweisen oder können unterschiedlich sein. Wenn die Motorstabilität betrachtet werden soll, ist jedoch  $A \leq$  bevorzugt.

40 Schritt 7 entspricht dem Verbrennungszustands-Erfassungsmechanismus der vorliegenden Erfindung.

45 Auf diese Weise wird bei der vorliegenden Erfindung die Schwerpunktposition  $T_{pi}$  des erzeugten Musters des angezeigten, mittleren, wirksamen Drucks (oder der Verbrennungsdruck-Signalform oder der Wärmeerzeugungsrates) während der Verbrennungsperiode, das sich relativ zu der Änderung des Verbrennungszustands um einen relativ großen Betrag ändert, erfaßt. Die erfaßte Schwerpunktposition  $T_{pi}$  und eine vorher eingestellt Zielschwerpunktposition  $T_{SET}$  werden dann verglichen, um den Verbrennungszustand zu erfassen. Daher kann der Verbrennungszustand des Motors mit einer höhe-

ren Genauigkeit als bei der herkömmlichen Anordnung erfaßt werden, bei der der Verbrennungszustand basierend auf Schwankungen von  $P_i$  und dergleichen erfaßt wird.

Da der Zündzeitpunkt mittels einer Rückkopplung gesteuert ist, derart, daß die erfaßte Schwerpunktposition  $T_{pi}$  mit der Zielschwerpunktposition  $T_{SET}$  zusammenfällt (mit einer Zündzeitpunkt-Verzögerungssteuerung für eine Frühstadium-Katalysatoraktivierung nach einem Anlaufen des Motors, derart, daß die Verbrennungsenergie die maximale Abgasenergie innerhalb einer vorbestimmten stabilen Verbrennungsgrenze ergibt, während bei einer normalen Zündzeitgebung derart, daß die Verbrennungsenergie wirksam in Rotationsenergie umgewandelt wird), kann der Zielverbrennungszustand selbst dann mit einer hohen Genauigkeit erreicht werden, wenn eine Zwischen-Motor-Ungleichheit oder eine Zwischen-Zylinder-Ungleichheit existiert.

Gemäß Fig. 5 wird der vorbestimmte Kurbelwinkel auf den Grenzpunkt eingestellt, an dem die Verbrennungsenergie  $P_i$  wirksam in Rotationsenergie umgewandelt wird. Normalerweise wird der Kurbelwinkel während einer MBT-Steuerung auf die  $15^\circ$ -ATDC-Position eingestellt. Zu der Zeit einer Verzögerungsgrenzsteuerung (wenn eine Katalysatoraktivierung unterstützt wird), wird dieser beträchtlich zu der Verzögerungsseite hin eingestellt.

Da die Zündzeitpunkt-Verzögerungssteuerung durch das obige Verfahren bei einem Niederaktivierungszustand des Katalysators durchgeführt wird, kann mit dem vorliegenden Ausführungsbeispiel beispielsweise eine Frühstadiumaktivierung des Dreiegekatalysators 7 nach einem Anlaufen wirksam unterstützt werden. Es ist folglich möglich, den Ausstoß von Abgasschadstoffen von einem Frühstadium nach dem Anlaufen an zu reduzieren.

Bei der vorliegenden Erfindung wird der Niederaktivierungszustand des Kondensators basierend auf der Kühlwassertemperatur erfaßt. Jedoch kann die Katalysatortemperatur direkt erfaßt werden. Außerdem kann mit Ausnahme der Zeiten extrem geringer Temperaturen (beispielsweise wenn die Wassertemperatur unter  $15^\circ$  ist) angenommen werden, daß der Katalysator während einer vorbestimmten, eingestellten Periode nach dem Anlaufen in einem Niederaktivierungszustand ist. In dem Fall extrem geringer Temperaturen zu der Zeit des Anlaufens kann für eine vorbestimmte Periode nach dem Anlaufen eine Normalsteuerung durchgeführt werden, wobei nach derselben für eine vorbestimmte Periode eine Zündzeitpunkt-Verzögerungssteuerung durchgeführt werden kann (siehe Fig. 6).

Die Erklärung bezüglich des vorliegenden Ausführungsbeispiels erfolgte unter Verwendung des Zündzeitpunkts als dem Element zum Steuern des Verbrennungszustands (da die Steuerung desselben vergleichsweise einfach und das Ansprechen hoch ist). Es ist jedoch auch möglich, beispielsweise die Kraftstoffzufuhrmenge, den Kraftstoffzufuhrzeitpunkt, die Ansaugluftflußrate (in diesem Fall ist die Kraftstoffzufuhrmenge fest), die EGR-Menge, die Auslaßgasmenge und dergleichen zu steuern.

#### Patentansprüche

1. Verfahren des Erfassens des Verbrennungszustands eines Motors mit innerer Verbrennung, das einen Verbrennungsdruck-Erfassungsschritt (S4) zum Erfassen des Verbrennungsdrucks aufweist,

gekennzeichnet durch folgende Schritte:  
einen Verbrennungsschwerpunktpositions-Erfassungsschritt (S5, S6) zum Erhalten einer Kurbelwinkelposition, die einem Schwerpunkt einer Verbrennung während einer Verbrennungsperiode entspricht, als einer Verbrennungsschwerpunktposition basierend auf dem erfaßten Verbrennungsdruck, und

einen Verbrennungszustands-Erfassungsschritt (S7) zum Erfassen des Verbrennungszustands basierend auf der erfaßten Verbrennungsschwerpunktposition.

2. Verfahren des Steuerns eines Motors mit innerer Verbrennung, das einen Verbrennungsdruck-Erfassungsschritt (S4) zum Erfassen eines Verbrennungsdrucks aufweist und eine Motorsteuergröße basierend auf dem erfaßten Verbrennungsdruck steuert, gekennzeichnet durch folgende Schritte:  
einen Verbrennungsschwerpunktpositions-Erfassungsschritt (S5, S6) zum Erhalten einer Kurbelwinkelposition, die einem Schwerpunkt einer Verbrennung während einer Verbrennungsperiode entspricht, als eine Verbrennungsschwerpunktposition basierend auf dem erfaßten Verbrennungsdruck,

einen Zielschwerpunktpositions-Einstellschritt (S2, S3) zum Einstellen einer Kurbelwinkelposition, die einen Schwerpunkt einer Verbrennung während einer Verbrennungsperiode für den Fall, bei dem der gewünschte Verbrennungszustand erhalten wird, entspricht, abhängig von Betriebsbedingungen als eine Zielschwerpunktposition, und  
einen Motorsteuergrößen-Rückkopplungssteuerschritt (S8, S9) zum Steuern einer Motorsteuergröße mittels einer Rückkopplung derart, daß die Verbrennungsschwerpunktposition die Zielschwerpunktposition wird.

3. Verfahren des Steuerns eines Motors mit innerer Verbrennung gemäß Anspruch 2, gekennzeichnet durch einen Katalysatoraktivierungszustands-Erfassungsschritt (S1) zum Erfassen des Aktivierungszustands eines Abgasreinigungskatalysators (7), der in einem Motorauspuffsystem angeordnet ist, wobei, wenn durch den Katalysatoraktivierungszustands-Erfassungsschritt (S1) ein Niederaktivierungszustand des Katalysators (7) erfaßt wird, bewirkt wird, daß die Zielschwerpunktposition, die durch den Zielschwerpunktpositions-Einstellschritt (S2, S3) eingestellt wird, sich stärker einer Verbrennungshub-Abschlußseite annähert als normalerweise.

4. Verfahren des Steuerns eines Motors mit innerer Verbrennung gemäß Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Motorsteuergröße der Zündzeitpunkt ist.

5. Verfahren des Erfassens des Verbrennungszustands eines Motors mit innerer Verbrennung, dadurch gekennzeichnet, daß das Verbrennungszustands-Erfassungsverfahren für einen Motor mit innerer Verbrennung gemäß Anspruch 1 für jeden Zylinder ausgeführt wird.

6. Verfahren des Steuerns eines Motors mit innerer Verbrennung, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuerverfahren für einen Motor mit innerer Verbrennung gemäß Anspruch 2 für jeden Zylinder ausgeführt wird.

7. Vorrichtung zum Erfassen des Verbrennungszustands eines Motors mit innerer Verbrennung, die

eine Verbrennungsdruck-Erfassungseinrichtung zum Erfassen eines Verbrennungsdrucks (S4) aufweist, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:  
eine Verbrennungsschwerpunktpositions-Erfassungseinrichtung zum Erhalten einer Kurbelwinkelposition, die einem Schwerpunkt einer Verbrennung während einer Verbrennungsperiode entspricht, als eine Verbrennungsschwerpunktposition basierend auf dem erfaßten Verbrennungsdruck, und

5

Verbrennungszustands-Erfassungseinrichtung zum Erfassen des Verbrennungszustands basierend auf der erfaßten Verbrennungsschwerpunktposition.

10

8. Vorrichtung zum Steuern eines Motors mit innerer Verbrennung, die eine Verbrennungsdruck-Erfassungseinrichtung zum Erfassen eines Verbrennungsdrucks (S4) aufweist und eine Motorsteuergröße basierend auf dem erfaßten Verbrennungsdruck steuert, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

15

eine Verbrennungsschwerpunktpositions-Erfassungseinrichtung zum Erhalten einer Kurbelwinkelposition, die einem Schwerpunkt einer Verbrennung während einer Verbrennungsperiode entspricht, basierend auf dem erfaßten Verbrennungsdruck als eine Verbrennungsschwerpunktposition, eine Zielschwerpunktpositions-Einstelleinrichtung zum Einstellen (S2, S3) einer Kurbelwinkelposition, die einem Schwerpunkt einer Verbrennung während einer Verbrennungsperiode entspricht, für den Fall, in dem der gewünschte Verbrennungszustand erhalten wird, abhängig von Betriebsbedingungen als eine Zielschwerpunktposition, und eine Motorsteuergrößen-Rückkopplungssteuerung zum Steuern (S8, S9) einer Motorsteuergröße mittels einer Rückkopplung, derart, daß die Verbrennungsschwerpunktposition die Zielschwerpunktposition wird.

20

9. Vorrichtung zum Steuern eines Motors mit innerer Verbrennung gemäß Anspruch 8, gekennzeichnet durch eine Katalysatoraktivierungszustands-Erfassungseinrichtung zum Erfassen (S1) des Aktivierungszustands eines Abgasreinigungskatalysators (7), der in einem Motorauspuffsystem angeordnet ist, wobei, wenn ein Niederaktivierungszustand des Katalysators durch die Katalysatoraktivierungszustands-Erfassungseinrichtung erfaßt wird, bewirkt wird, daß die Zielschwerpunktposition, die durch die Zielschwerpunktpositions-Einstelleinrichtung eingestellt wird, sich stärker einer Verbrennungshub-Abschlußseite nähert als normalerweise.

25

10. Vorrichtung zum Steuern eines Motors mit innerer Verbrennung gemäß Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Motorsteuergröße der Zündzeitpunkt ist.

45

11. Vorrichtung zum Erfassen des Verbrennungszustands eines Motors mit innerer Verbrennung, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbrennungszustands-Erfassungsvorrichtung für einen Motor mit innerer Verbrennung gemäß Anspruch 7 für jeden Zylinder vorgesehen ist.

50

12. Vorrichtung zum Steuern eines Motors mit innerer Verbrennung, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuervorrichtung für einen Motor mit innerer Verbrennung gemäß Anspruch 8 für jeden Zylinder vorgesehen ist.

60

65

---

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

**- Leerseite -**

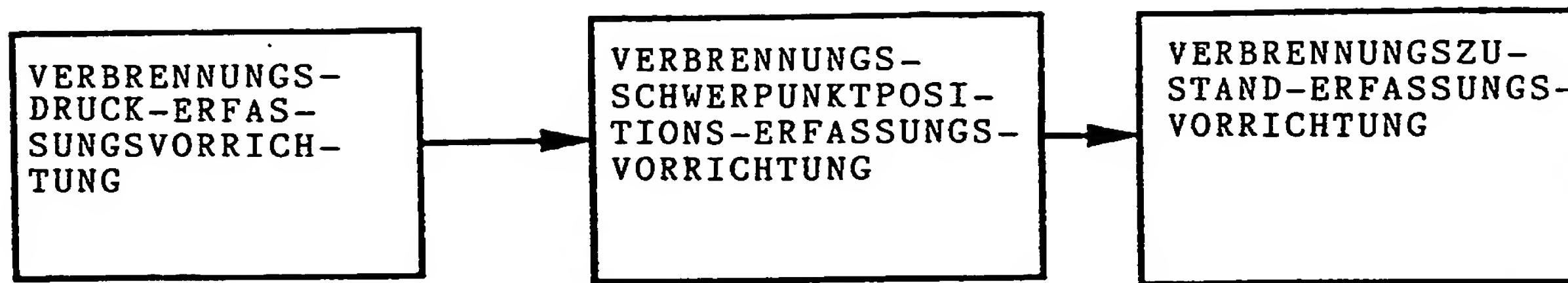


FIG. 1

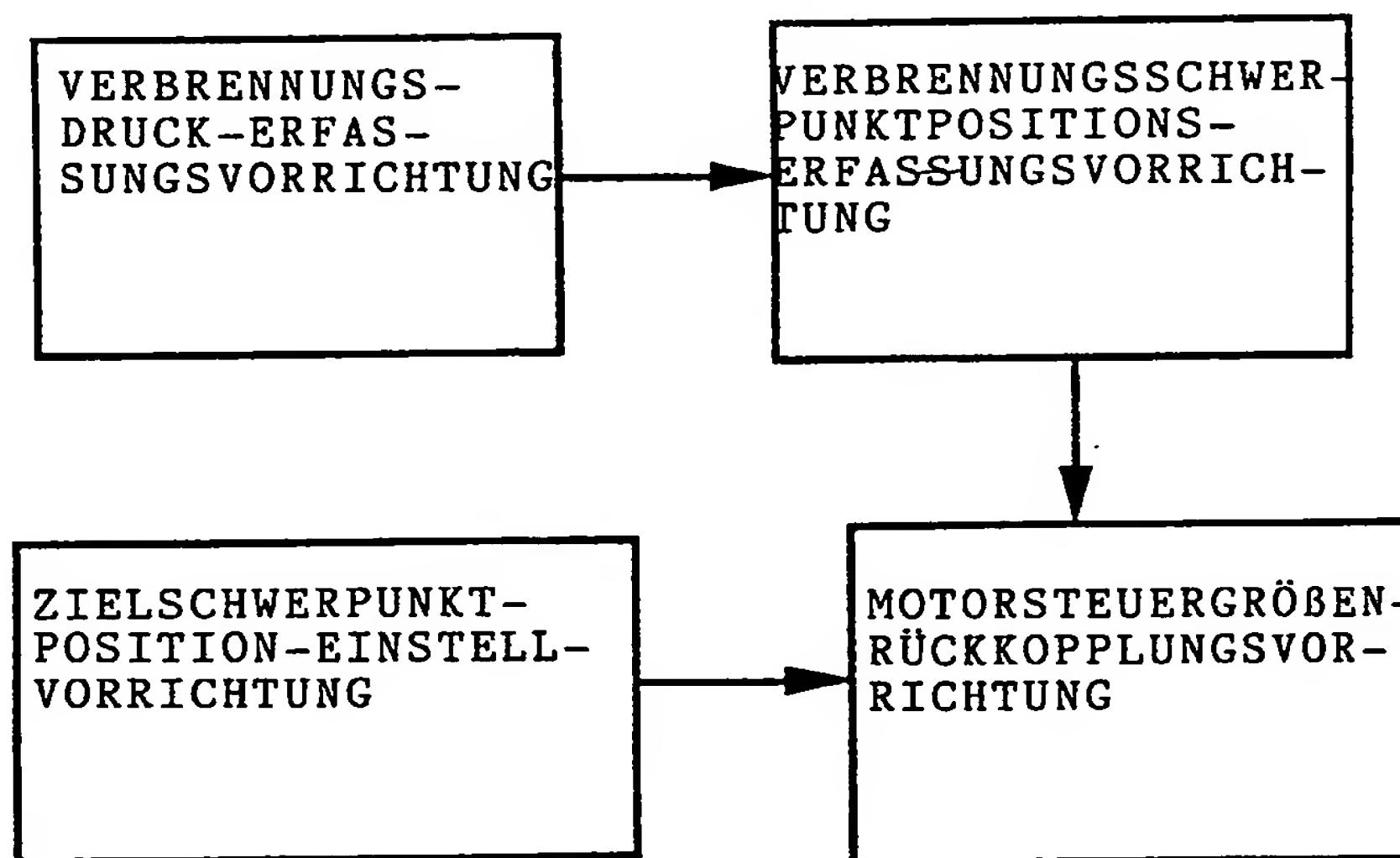


FIG. 2

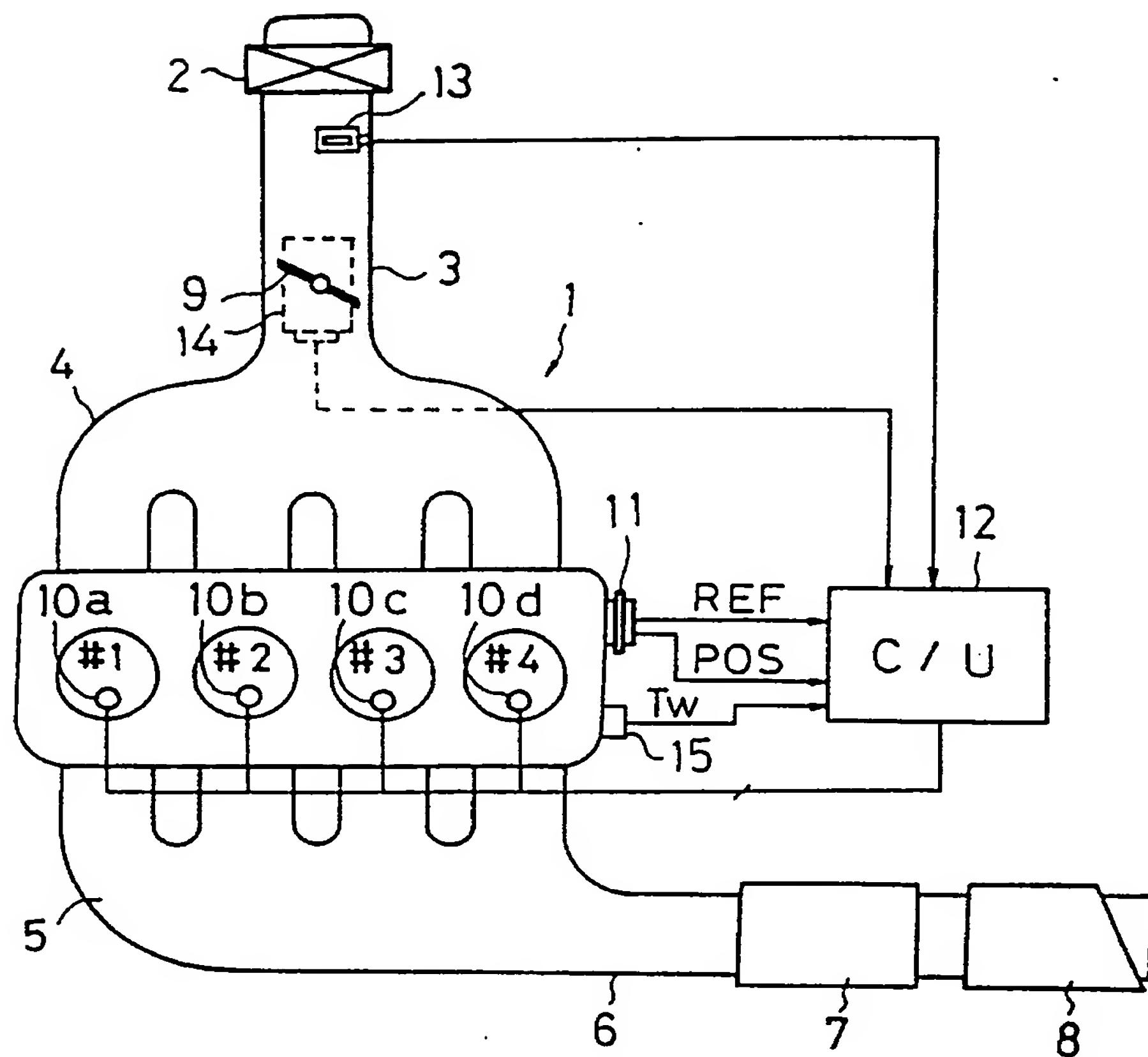


FIG. 3

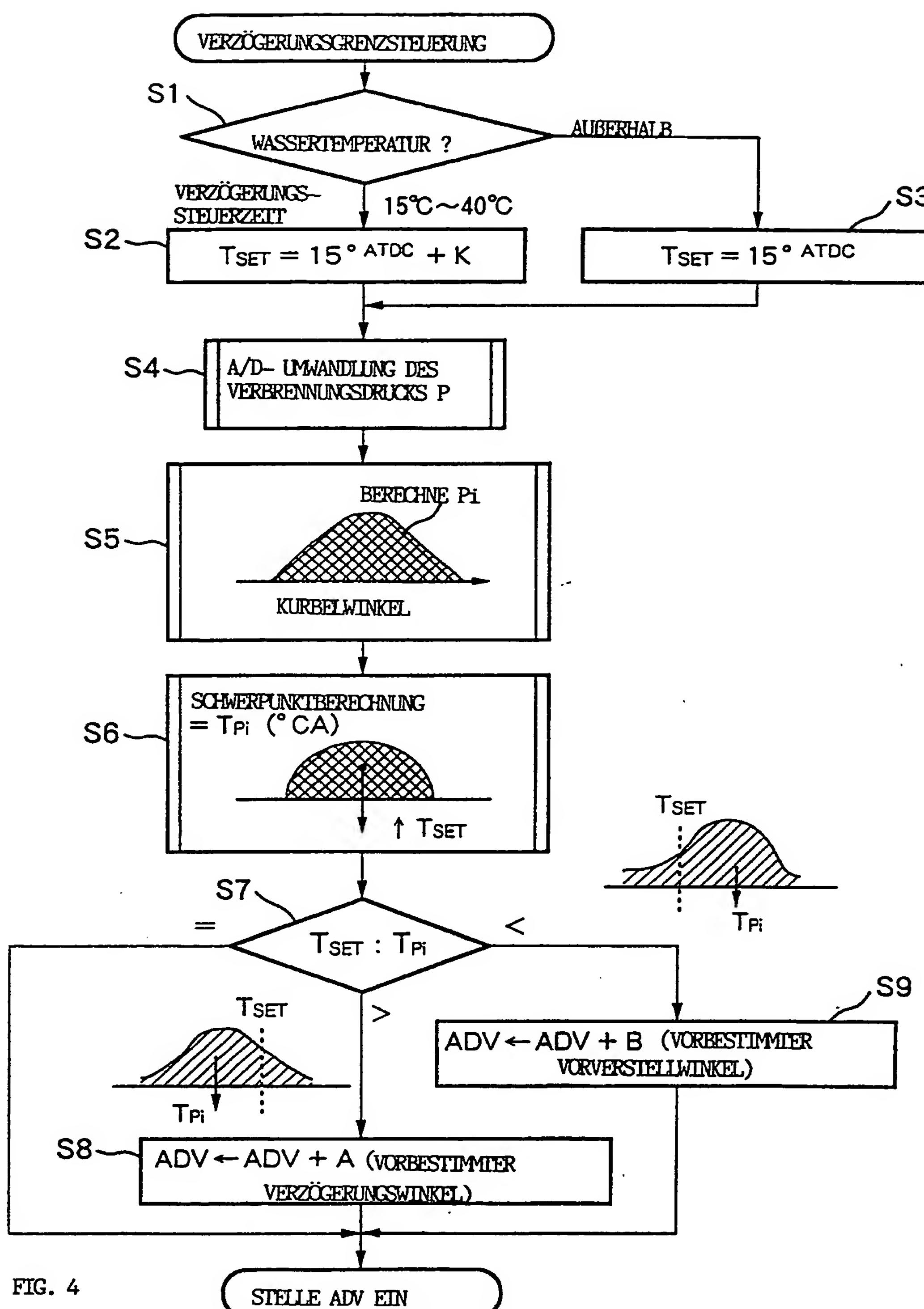


FIG. 4

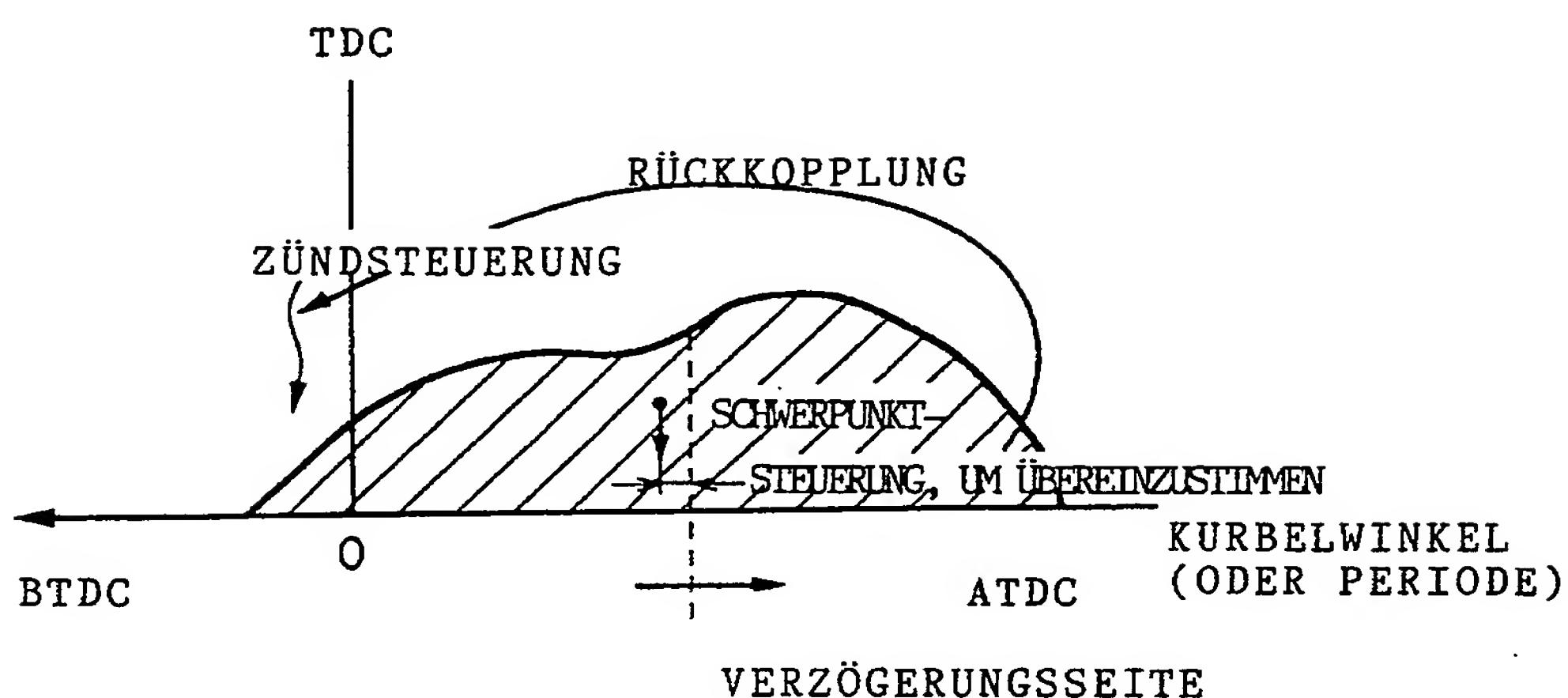


FIG. 5

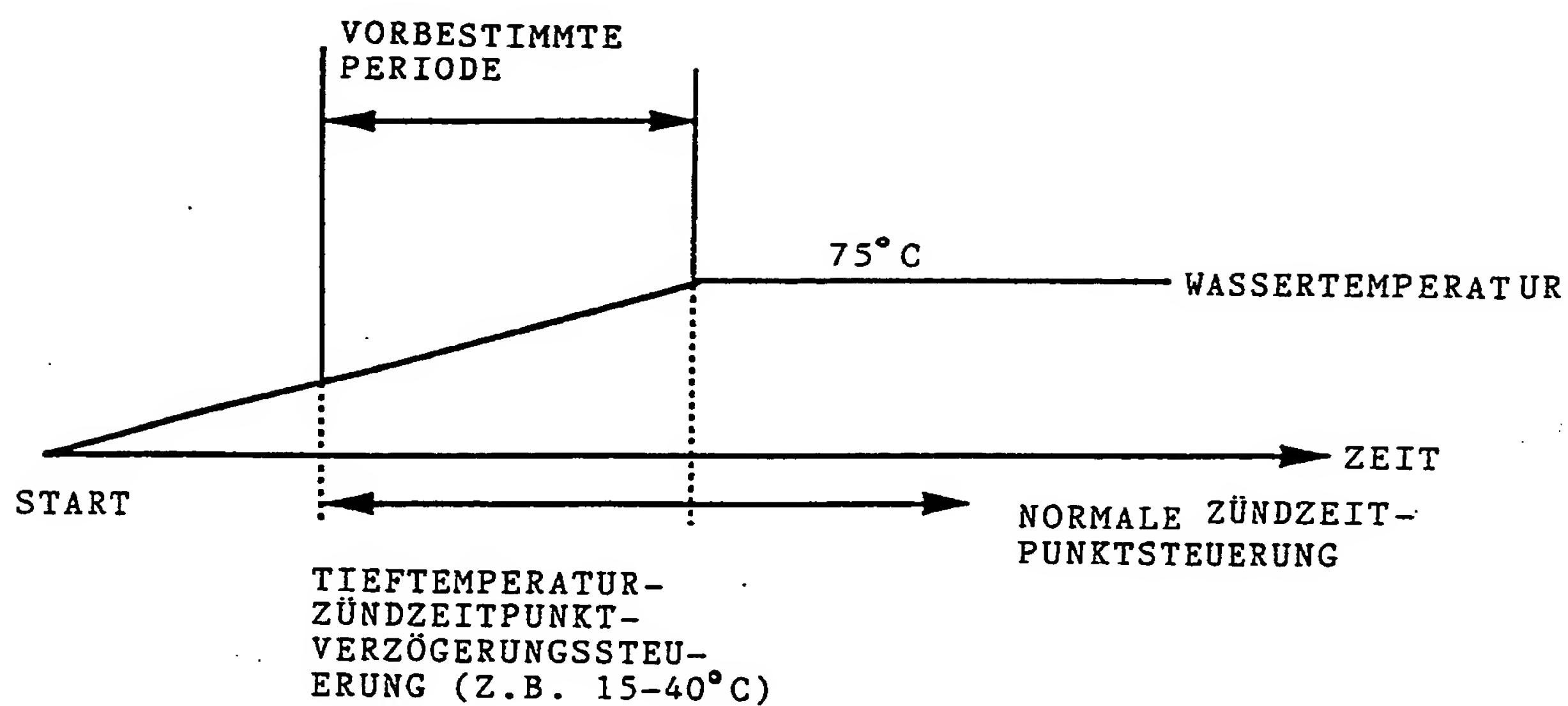


FIG. 6

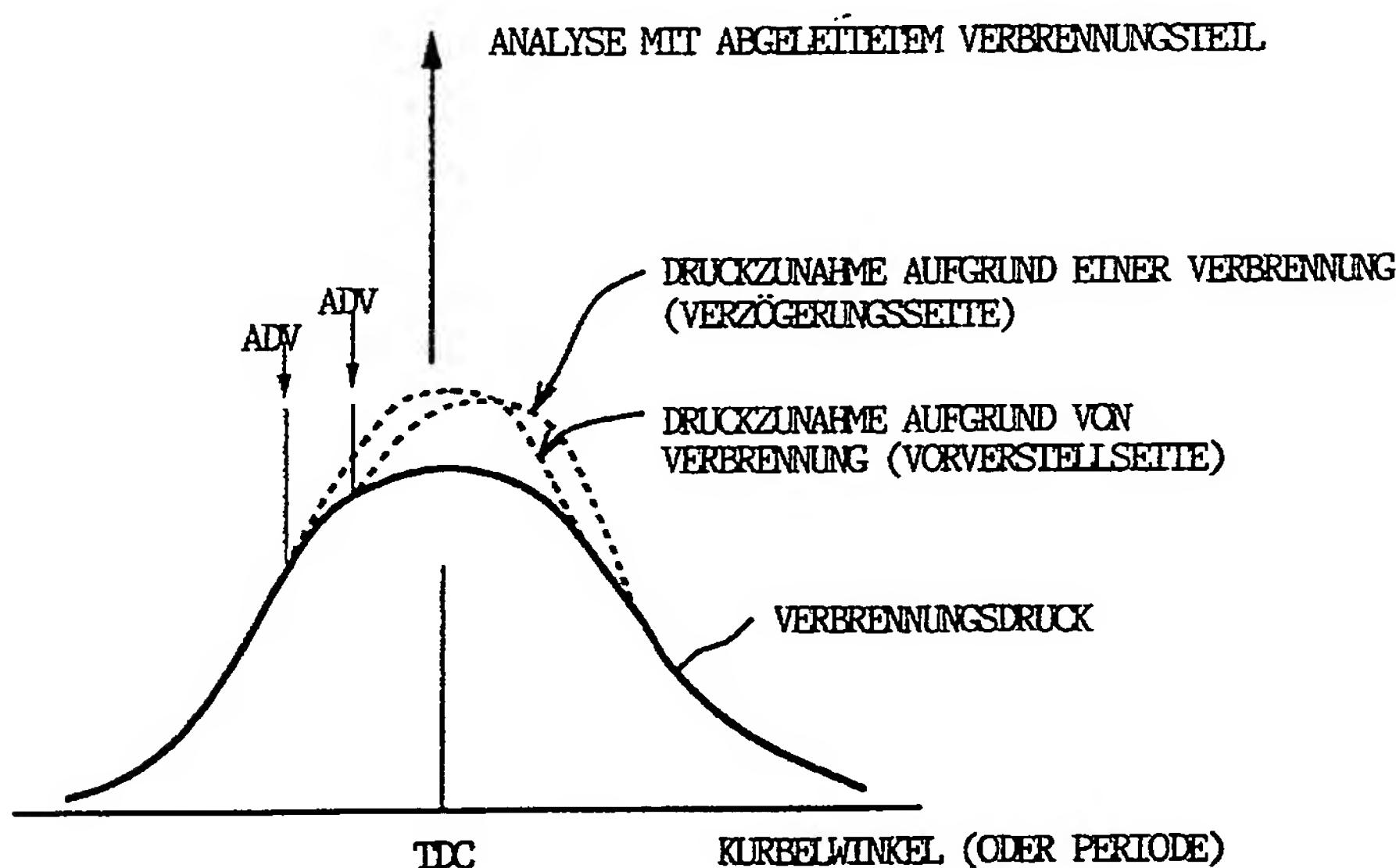
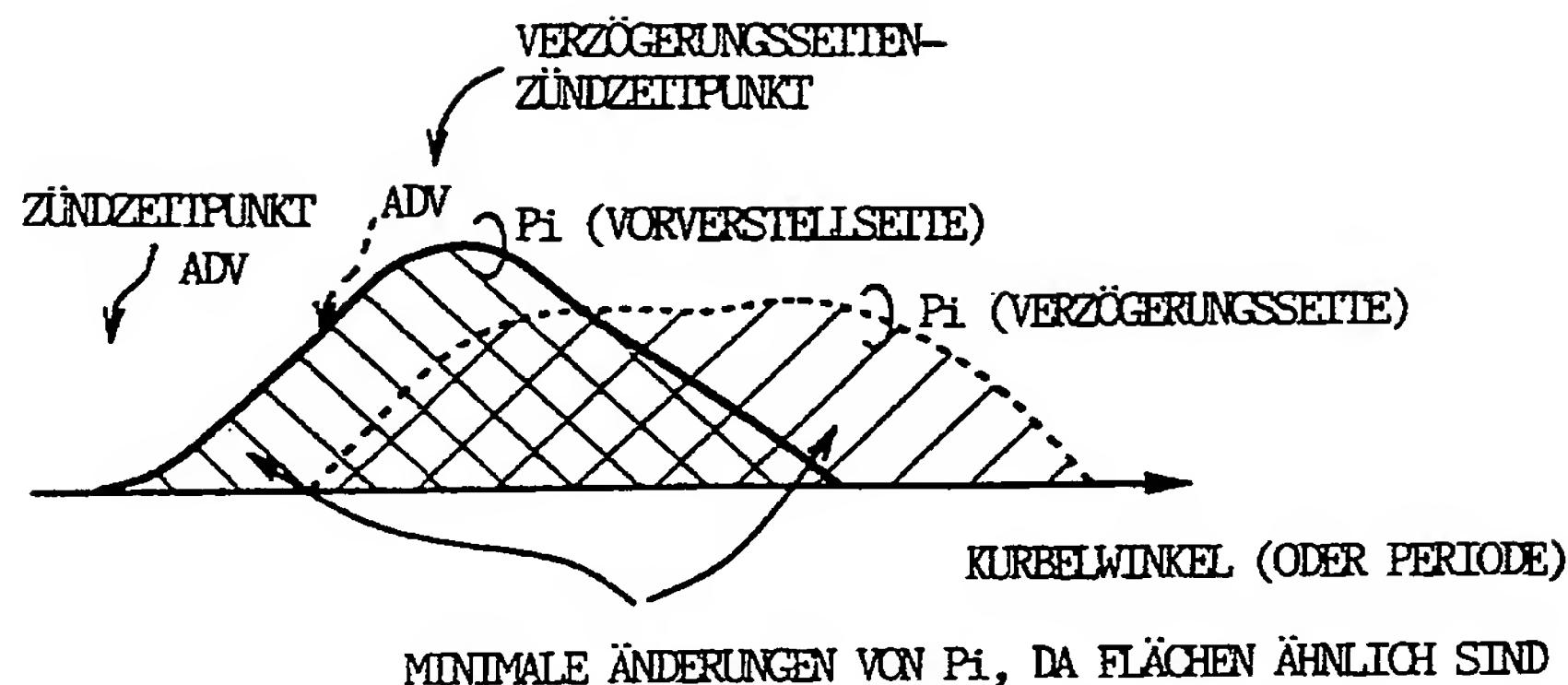


FIG. 7